

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gerakan magma sebagai arus konveksi mengakibatkan gerakan kerak Bumi sehingga membentuk banyak gunungapi. Wilayah Indonesia mempunyai jalur gunungapi serta rawan erupsi (*eruption*) di sepanjang *ring of fire* mulai Sumatera – Jawa – Bali – Nusa Tenggara – Sulawesi – Banda – Maluku – Papua (Bronto, *et all.*, 1996). Rangkaian jalur gunungapi mengakibatkan kejadian rawan erupsi pada beberapa gunungapi aktif. Indonesia sendiri merupakan Negara yang memiliki banyak gunungapi aktif. Erupsi Gunung Merapi kerap menimbulkan bahaya (*hazard*) mengingat kawasan ini dihuni sekelompok manusia.

Aktifitas letusan Gunung Merapi terkini pada akhir Tahun 2010 tergolong erupsi yang besar dibandingkan erupsi dalam beberapa dekade terakhir (Rahayu, *et all.*, 2014). Secara umum total volume erupsi Merapi berkisar antara 100 sampai 150 km³, dengan tingkat efusi berkisar 105 m³ per bulan dalam seratus Tahun (Berthommier, 1990; Marliyani, 2010; Rahayu, *et all.*, 2014), sedangkan volume material piroklastik hasil erupsi Tahun 2010 ditaksir mencapai lebih dari 140 juta m³ (Tim Badan Litbang Pertanian, 2010). Korban meninggal mencapai 341 orang, sementara korban rawat inap sebanyak 368 orang (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Rekapitulasi Jumlah Korban dan Pengungsi per 29 November 2010.

No.	Lokasi	Meninggal			Rawat Inap	Pengungsi	Jumlah Titik
		Luka Bakar	Non Luka Bakar	Total			
1	Sleman	188	55	243	203	29.008	150
2	Kulonprogo					1.426	12
3	Kota Yogya					1.388	42
4	Bantul					6.359	17
5	Gunungkidul					2.996	18
Total DIY		188	55	243	203	41.177	239
6	Klaten	7	29	36	30	5.369	147
7	Boyolali		10	10	37	672	20
8	Magelang		52	52	98	21.701	136
9	Kota Magelang					409	16
10	Temanggung					359	1
Total Jateng		7	91	98	165	28.465	320
Total DIY + Jateng		195	146	341	368	69.642	559

Sumber : (Kementrian Kesehatan RI, Pemkab Sleman, Pusdalops (DIY) dan Bakorwil (Jateng))

Erupsi Gunung Merapi memang sulit diprediksi kapan, dimana saja, seberapa besar, dan penduduk mana saja yang perlu diselamatkan terlebih dahulu. Maarif (2011) menyatakan bahwa kendati Indonesia sebagai Negara dikelilingi lingkungan alam yang rawan bencana, namun hakikatnya bencana itu tak ada, yang ada adalah *hazard* (bahaya). Saat kondisi mendesak, orang-orang cenderung panik dan bingung kemana mereka harus menyelamatkan diri. Tindakan penyelamatan yang salah dapat berakibat fatal yang justru mengakibatkan korban kematian. Oleh karena itu, diperlukan strategi manajemen evakuasi bencana erupsi Gunung Merapi.

Kendati, erupsi Gunung Merapi telah berhenti, tetapi tidak menutup kemungkinan terjadi erupsi kembali bahkan ke arah yang lebih buruk. Peneliti menerapkan *SAFEVolcano* sebagai perangkat untuk pemilihan alokasi *shelter* evakuasi yang aman bagi korban. *SAFEVolcano* adalah sebuah kerangka (*framework*) berbasis *GIS* untuk mengelola pilihan alokasi kamp evakuasi, mengingat dinamisnya bencana vulkanik yang terjadi (Jumadi, *et all.*, 2015). *SAFEVolcano* dikembangkan berdasarkan *ArcGIS Python Plugin* untuk otomatisasi pemilihan jalur evakuasi yang efektif pada beragam skenario erupsi.

Luaran (*output*) dari *SAFEVolcano* ini menjadi *input* basisdata pada pembuatan peta interaktif berbasis digital yang biasa disebut dengan *webGIS*. *WebGIS* dikembangkan berdasarkan sinergitas perangkat lunak (*software*) *GIS* dan *web* yang didistribusikan, dipublikasikan, diintegrasikan, dikomunikasikan dan disediakan dengan virtualisasi komputer *server*, komputer *client*, dan *mobile phone* (*smartphone*). Peneliti menggunakan format *HTML 5* untuk mendukung tampilan *webGIS* di perangkat *mobile phone* (*smartphone*), khususnya *android*.

Penelitian ini dilakukan berdasar pada zona bahaya Gunung Merapi Tahun 2010 (Gambar 1.2) dan skenario bahaya Gunung Merapi yang terangkum dalam kawasan rawan bencana (KRB) dan area terdampak letusan Gunung Merapi tahun 2010 (Gambar 1.3). Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul : **Model Evakuasi Erupsi Gunung Merapi Menggunakan *SAFEVolcano* dengan Visualisasi Web Berbasis Spasial dan Aplikasi Android.**

1.2. Perumusan Masalah

Berangkat dari latar belakang yang telah dipaparkan, maka dikemukakan beberapa rumusan masalah dalam penelitian sebagai berikut :

1. bagaimana hasil model evakuasi erupsi Gunung Merapi menggunakan *tools SAFEVolcano* dalam menghasilkan lokasi evakuasi, alokasi korban evakuasi, dan rute evakuasi pada beberapa skenario?, dan
2. bagaimana mengintegrasikan hasil model evakuasi erupsi Gunung Merapi dalam aplikasi *web* dan *android* guna mewujudkan peta interaktif kaitannya dengan solusi evakuasi korban bencana erupsi Gunung Merapi?.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang dipaparkan, maka tujuan penelitian ini yakni :

1. mengetahui hasil model evakuasi erupsi Gunung Merapi menggunakan *tools SAFEVolcano* dalam menghasilkan lokasi evakuasi, alokasi korban evakuasi, dan rute evakuasi pada beberapa skenario, dan
2. mengetahui integrasi hasil model evakuasi erupsi Gunung Merapi dalam aplikasi *web* dan *android* guna mewujudkan peta interaktif yang kaitannya dengan solusi evakuasi korban bencana erupsi Gunung Merapi.

1.4. Kegunaan Penelitian

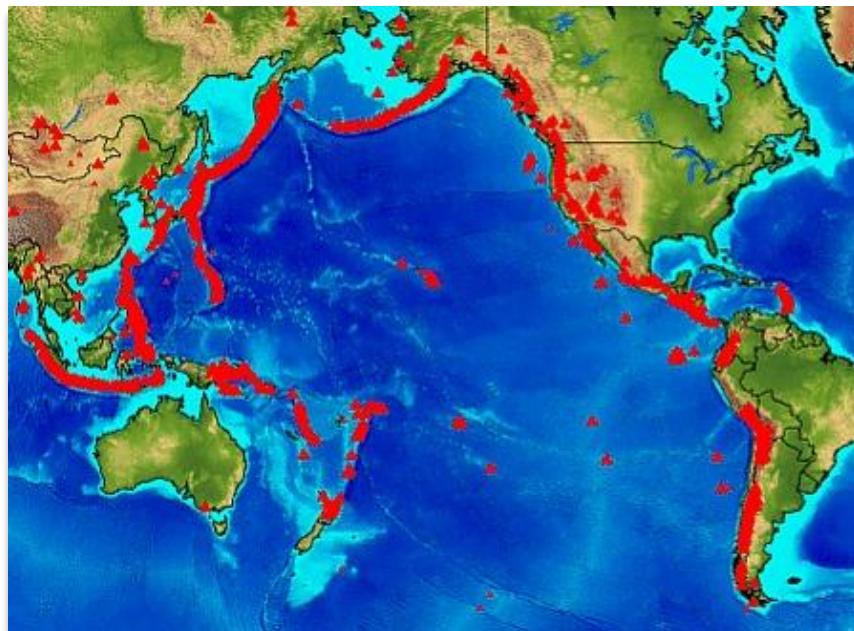
Penelitian diharapkan mampu memberikan manfaat melalui 2 (dua) kategori:

1. Manfaat Teoritis
 - Memberikan sumbangan pemikiran di bidang mitigasi erupsi gunungapi terkait dengan kajian model erupsi menggunakan *SAFEVolcano*.
2. Manfaat Praktis
 - Menyajikan informasi kepada masyarakat sekaligus korban bencana erupsi, berbentuk *webGIS* pada perangkat *desktop* maupun *mobile* terkait kejadian erupsi Gunung Merapi.

1.5. Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.5.1. Gunungapi

Gunungapi atau sering disebut gunung berapi adalah bukit atau gunung yang mempunyai lubang kepundan tempat keluarnya magma dan atau gas ke permukaan bumi (Menteri Pertambangan dan Energi, 2000). Pengertian lain menurut Kirbani (2012), gunungapi merupakan kenampakan geologis di permukaan bumi yang berhubungan dengan kantong magma di bawah permukaan bumi. Gunungapi terdapat di seluruh dunia, akan tetapi lokasinya terdapat dalam suatu busur cincin api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*). Busur cincin api pasifik merupakan garis bergeseknya antara dua lempengan tektonik (Anonim^a, 2015). Berdasarkan Bronto, *et all.*, (1996) dalam Rahayu, *et all.*, (2014), Wilayah Indonesia mempunyai jalur gunungapi serta rawan erupsi (*eruption*) di sepanjang *ring of fire* mulai Sumatera – Jawa – Bali – Nusa Tenggara – Sulawesi – Banda – Maluku – Papua.



Gambar 1.1 *Ring of Fire and Global Volcanoes*

Sumber : Anonim^b (2013)

Beberapa gunungapi dapat mengancam kelangsungan hidup makhluk hidup, khususnya manusia. Berdasarkan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor : 1054 K/12/MPE/2000, mekanisme bahaya gunungapi dapat dibedakan menjadi bahaya langsung (primer) dan bahaya tidak langsung (sekunder). Bahaya langsung (primer) merupakan bahaya yang ditimbulkan secara langsung oleh erupsi

gunungapi. Bahaya tersebut berupa aliran lava, awan panas, longsoran gunungapi, guguran batu pijar, lontaran batu, hujan abu, hujan lumpur, lahar letusan, gas racun, dan tsunami gunungapi, sedangkan untuk bahaya tidak langsung (sekunder) merupakan bahaya yang ditimbulkan secara tidak langsung oleh erupsi gunungapi, yang berupa lahar hujan, dan longsoran gunungapi.

Berdasarkan lampiran Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/12/MPE/2000 tentang pedoman mitigasi bencana gunungapi menyatakan bahwa mitigasi bencana gunungapi adalah suatu upaya memperkecil jumlah korban jiwa dan kerugian harta benda akibat erupsi gunungapi. Mengacu pada Peraturan Pemerintah Dalam Negeri (Permendagri) No. 33 Tahun 2006, ada empat hal penting dalam mitigasi bencana, yaitu : (1) tersedia informasi dan peta kawasan rawan bencana untuk tiap jenis bencana, (2) sosialisasi untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat dalam menghadapi bencana, karena bermukim di daerah rawan bencana, (3) mengetahui apa yang perlu dilakukan dan dihindari, serta mengetahui cara penyelamatan diri jika bencana timbul, dan (4) pengaturan dan penataan kawasan rawan bencana untuk mengurangi ancaman bencana.

Langkah pertama dalam strategi mitigasi adalah melakukan pemetaan daerah rawan bencana. Pada saat ini, berbagai sektor telah mengembangkan peta rawan bencana. Peta rawan bencana tersebut sangat berguna bagi pengambil keputusan terutama dalamantisipasi kejadian bencana alam. Saat ini, penggunaan peta belum dapat dioptimalkan, dikarenakan beberapa hal, diantaranya adalah :

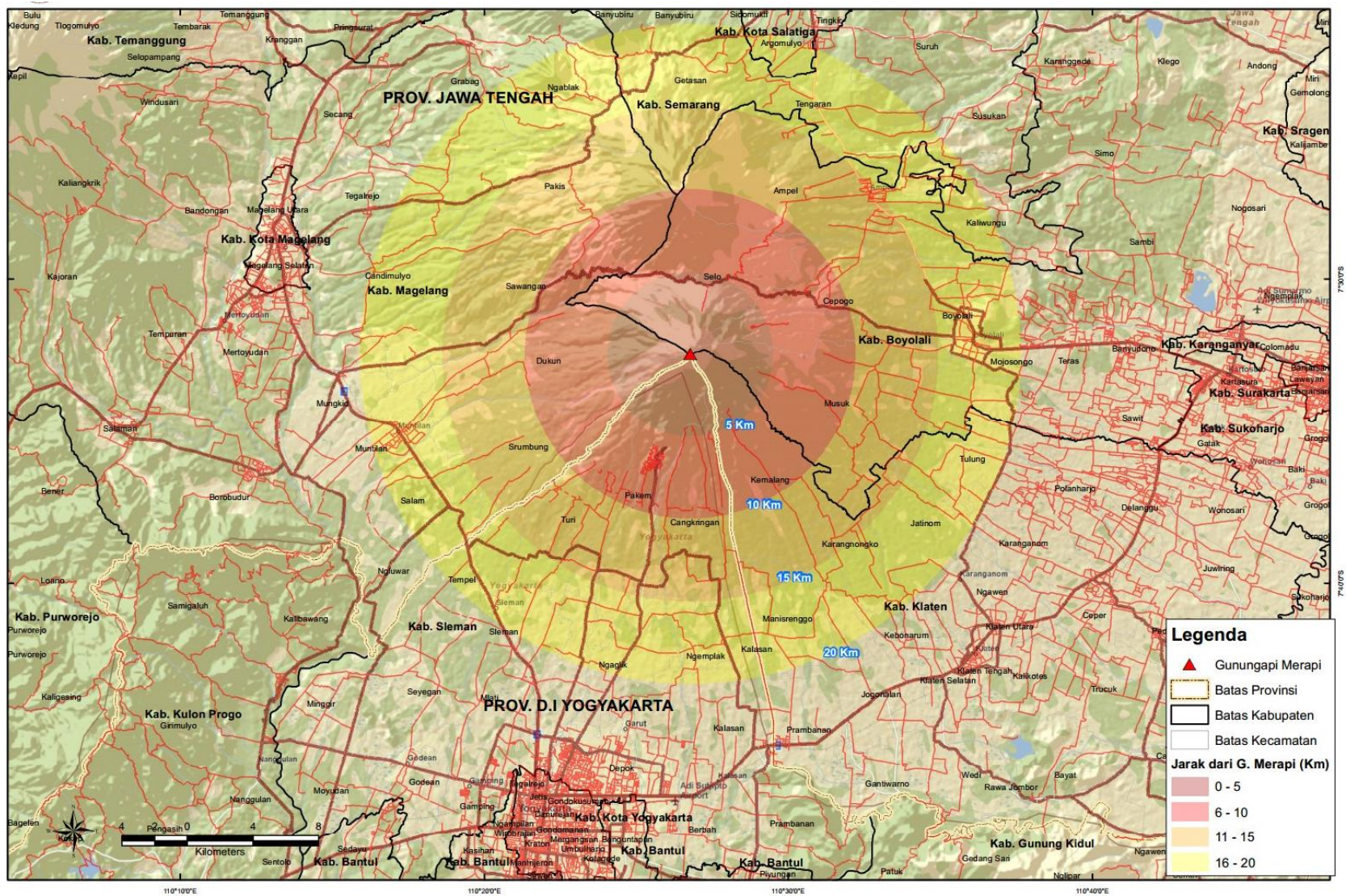
1. belum seluruh wilayah di Indonesia telah dipetakan,
2. peta yang dihasilkan belum tersosialisasi dengan baik,
3. peta bencana belum terintegrasi, dan
4. peta bencana yang dibuat memakai peta dasar yang berbeda-beda, sehingga menyulitkan dalam proses integrasinya.

Strategi yang dilakukan guna mendukung strategi pertama dapat melalui penyebaran informasi. Media cetak dan elektronik tentang kebencanaan adalah salah satu cara penyebaran informasi dengan tujuan meningkatkan kewaspadaan terhadap bencana geologi di suatu kawasan tertentu.

1.5.2. Gunung Merapi

Gunung Merapi terletak di perbatasan Provinsi D.I. Yogyakarta dan Jawa Tengah, bertipe strato dengan kubah lava, elevasi ± 2.911 mdpl dan mempunyai lebar ± 30 km (Bemmelen, 1949; Katili dan Siswowidjojo, 1994). Menurut Pangestu (2010) dalam Susilo dan Rudiarto (2014) gunung berapi bertipe strato (*stratovolcano*) atau disebut juga gunung berapi komposit ialah pegunungan (gunung berapi) yang tinggi dan mengerucut yang terdiri atas lava dan abu vulkanik yang mengeras. Secara geografis, Gunung Merapi terletak pada 7^0 Lintang Selatan dan 110^0 Bujur Timur, dan secara administrasi, Gunung Merapi terletak pada 4 wilayah Kabupaten yaitu Kabupaten Sleman di Provinsi D.I. Yogyakarta, dan Kabupaten Magelang, Kabupaten Boyolali, serta Kabupaten Klaten di Provinsi Jawa Tengah (Susilo dan Rudiarto, 2014). Gunung yang terletak 25 km di Utara Kota Yogyakarta merupakan gunungapi teraktif di dunia (Sparks, 1981).

Pada 4 November 2010, BNPB menetapkan zonasi bahaya (*hazard zone*) dengan jarak radius 20 km dari puncak Gunungapi Merapi (Gambar 1.2). Zonasi bahaya (*hazard zone*) Gunung Merapi mencapai radius 20 km dari kawah. Radius 20 km ini dibagi dalam 4 tingkatan bahaya ditinjau dari pusat kawah Merapi itu sendiri. Tingkatan bahaya pertama adalah daerah-daerah yang terletak dengan radius 5 km dari kawah Merapi, kemudian kelipatan 5 (lima) sampai dengan radius 20 km. Zonasi bahaya (*hazard zone*) Gunung Merapi dengan radius 20 km meliputi Kecamatan Cangkringan, Pakem, Turi, Tempel, Sleman, Ngemplak, Ngaglik, Grabag, Ngablak, Susukan, Getasan, Tenganan, Mojosongo, Cepogo, Sawangan, Candimulyo, Boyolali, Jatinom, Ngawen, Dukun, Mungkid, Musuk, Kaliwungu, Manisrenggo, Prambanan, Jogonalan, Argomulyo, Ampel, Pakis, Tegalrejo, Selo, Srumbung, Muntilan, Kemalang, Tulung, Salam, Karangnongko, Kebonarum, Kalasan. Kecamatan yang terletak di radius ini diwaspadai menjadi kawasan berbahaya bagi penduduk yang tidak menutup kemungkinan terjadinya letusan Gunung Merapi selanjutnya. Bahaya letusan Gunung Merapi bahkan tidak menutup kemungkinan dapat menjadi lebih besar dari letusan tahun 2010 yang mengakibatkan perluasan zonasi bahaya ke beberapa Kecamatan lainnya khususnya saat terjadi perluasan dampak erupsi akibat banjir lahar.



Gambar 1.2 Peta Zonasi Bahaya (Jarak Radius 20 km) dari Puncak Gunung Merapi
 Sumber : BNPB (2010)

Badan terkait yang turut menanggulangi bencana gunungapi telah menetapkan kawasan rawan bencana (KRB) Gunung Merapi untuk menjelaskan mengenai jenis dan sifat bahaya gunungapi, daerah rawan bencana, arah jalur penyelamatan diri, lokasi pengungsian dan pos-pos penanggulangan bencana yang digambarkan dalam bentuk peta. Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi adalah peta petunjuk tingkat kerawanan bencana suatu daerah apabila terjadi letusan kegiatan gunungapi (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010). Peta yang dimaksud (Gambar 1.3) dibagi dalam tiga tingkatan berikut.

1. Kawasan Rawan Bencana III

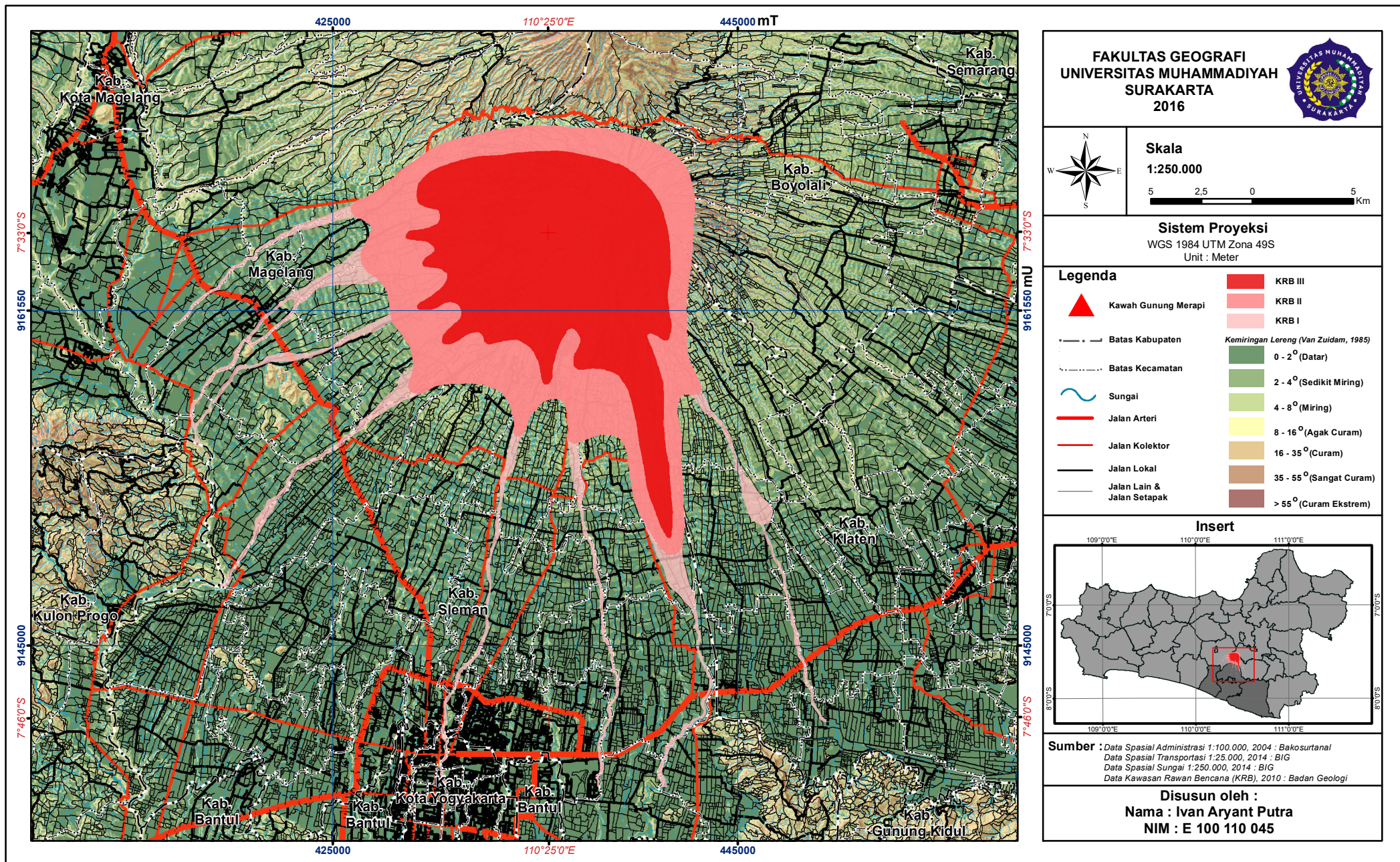
Kawasan rawan bencana III adalah kawasan yang letaknya dekat dengan sumber bahaya yang sering terlanda awan panas, aliran lava, guguran batu, lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat. Kawasan rawan bencana III Gunung Merapi ini paling rawan terkena letusan, apapun jenis dan besarnya letusan. Letusan normal Merapi pada umumnya mempunyai indeks letusan skala VEI 1-3, dengan jangkauan awan panas maksimum 8 km, sedangkan letusan besar dengan skala VEI 4 jangkauan awan panasnya bisa mencapai 15 km atau lebih.

2. Kawasan Rawan Bencana II

Kawasan rawan bencana II terdiri atas dua bagian, yaitu : (1) aliran massa berupa awan panas, aliran lava dan lahar, (2) lontaran berupa material jatuhan dan lontaran batu (pijar). Batas kawasan rawan bencana II ditentukan berdasarkan sejarah kegiatan lebih tua dari 100 tahun, dengan indeks erupsi VEI 3-4, baik untuk bahaya aliran massa ataupun bahaya material awan panas. Berdasarkan sejarah kegiatan Merapi, batas kawasan rawan bencana II untuk aliran awan panas sejauh 17 km atau lebih.

3. Kawasan Rawan Bencana I

Kawasan rawan bencana I adalah kawasan yang berpotensi terlanda lahar atau banjir dan tidak menutup kemungkinan dapat terkena perluasan awan panas dengan aliran lava. Endapan awan panas pada beberapa sungai berpotensi menjadi lahar apabila terjadi hujan dengan intensitas tinggi.



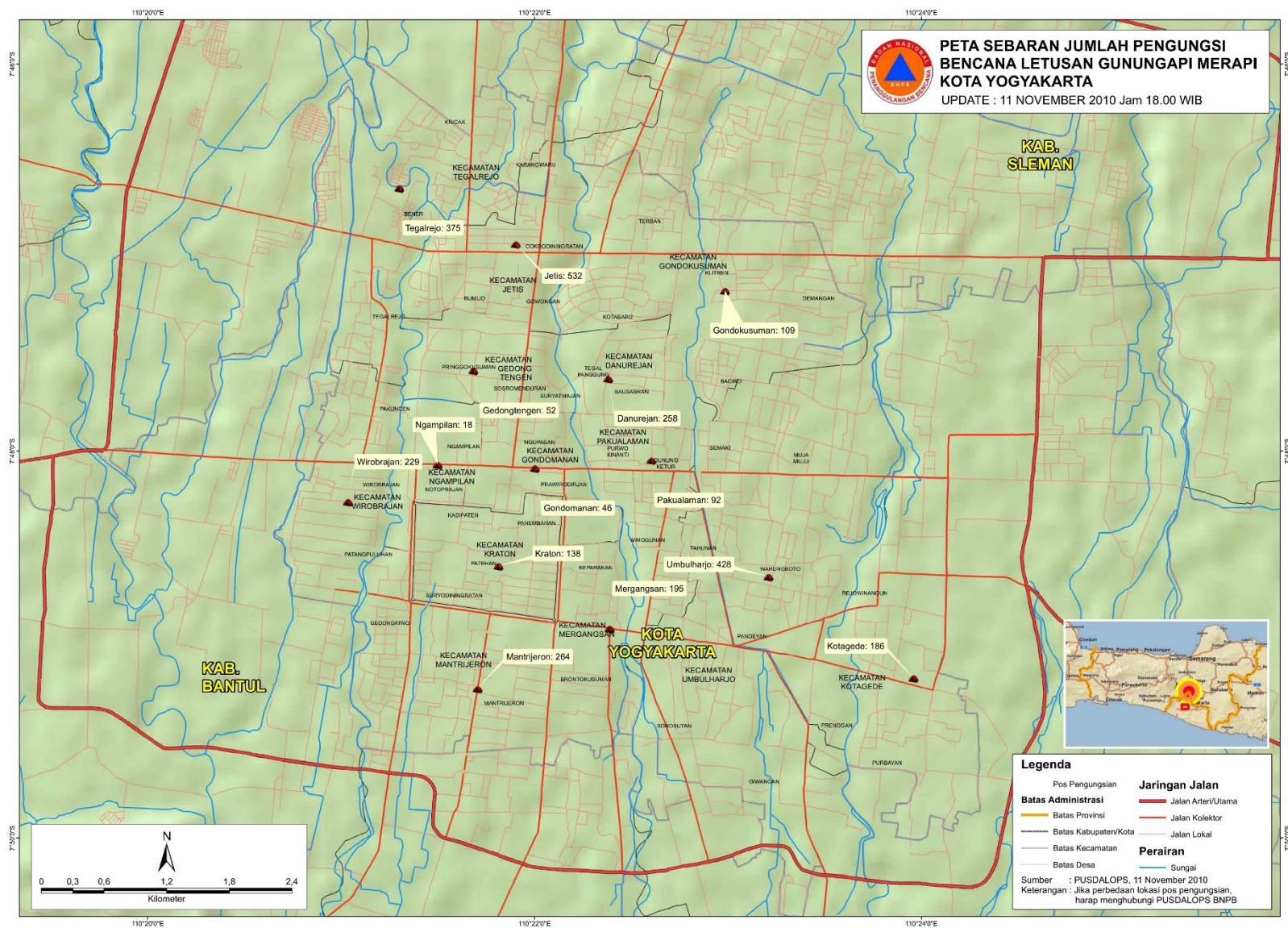
Gambar 1.3 Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi dan Area Terdampak Letusan 2010

1.5.3. Evakuasi

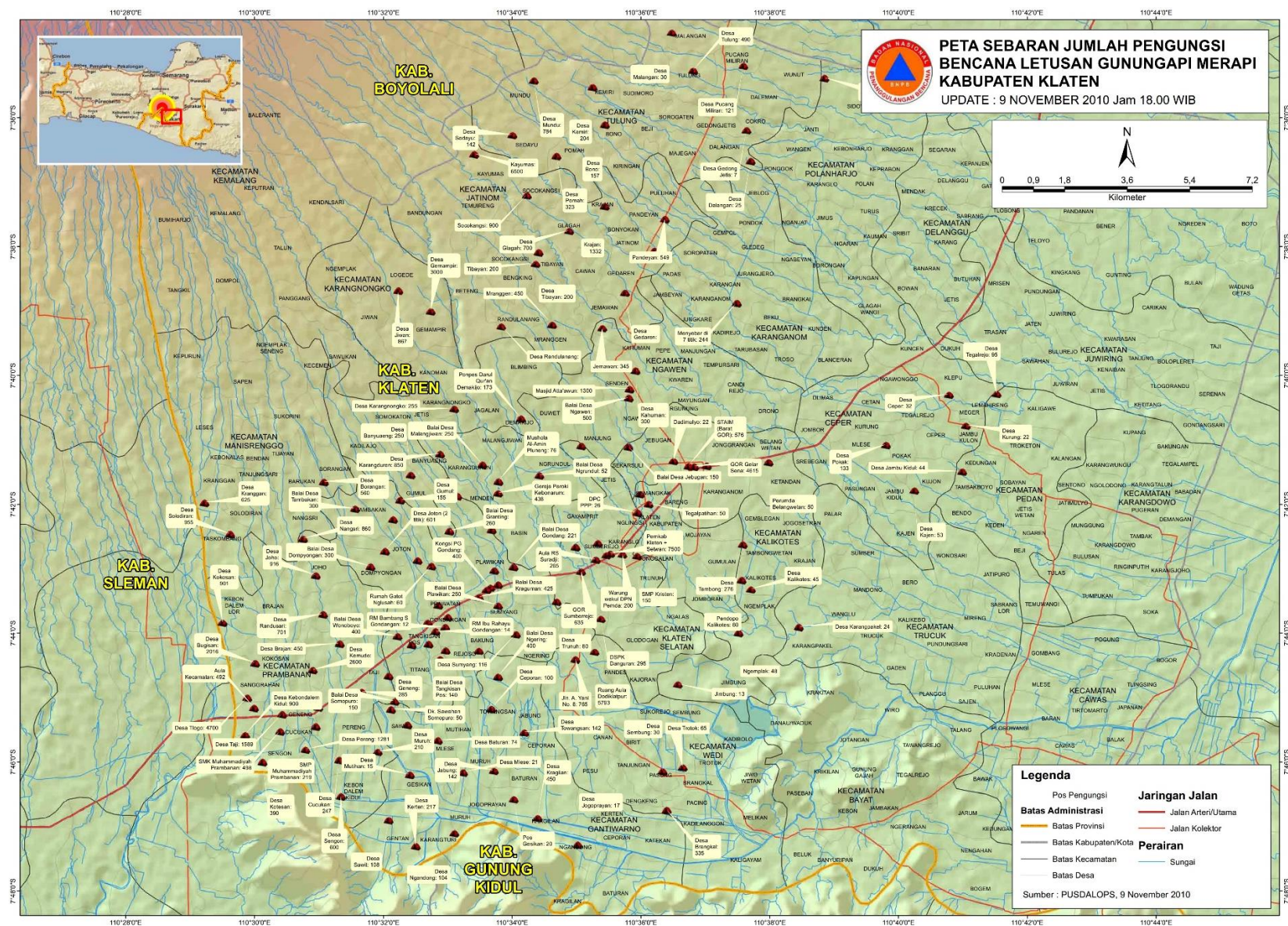
Korban yang cenderung panik akan menuju tempat yang dianggap aman saja tanpa ada dasar atau informasi yang signifikan dengan kondisi aslinya. Tindakan yang ceroboh dapat berakibat fatal dan justru mengakibatkan korban jiwa baik luka sampai kematian, mengingat bencana erupsi gunungapi terjadi begitu cepat dan sulit diprediksi. Pemilihan lokasi evakuasi juga berhubungan dengan kelanjutan hidup sampai bahaya mereda. Erupsi Gunung Merapi tahun 2010, BNPB membuka beberapa lokasi evakuasi untuk menyelamatkan korban (Gambar 1.4 dan 1.5).

Konsep evakuasi secara sederhana adalah memindahkan penduduk dari daerah berbahaya ke daerah yang aman (Southworth, 1991; Zelinsky dan Konsinsky, 1991 dalam Mei, 2013). Alternatif bangunan yang dijadikan kamp evakuasi adalah fasilitas publik atau bangunan yang berorientasi pelayanan publik seperti, sekolah, hotel, gedung aula, masjid, pasar, gedung, parkir, kantor pemerintahan, dan lain-lain. FEMA (2008) dalam Muhajir (2013) menyatakan bahwa ruang minimal yang dibutuhkan oleh seorang pengungsi adalah 10 kaki persegi atau setara dengan 0,93 meter persegi. Kriteria lokasi evakuasi lain, mengacu pada *The Sphere Project* : Piagam Kemanusiaan dan Standar-Standar Minimum dalam Respon Kemanusiaan (Masyarakat Penanggulangan Bencana Indonesia, 2011).

1. tempat permukiman jenis kamp, harus tersedia luasan wilayah permukaan layak-guna sedikitnya 45 m² per orang termasuk penempatan rumah tangga,
2. kemiringan tanah pada lahan bangunan evakuasi tidak boleh lebih dari 6°,
3. akses terhadap permukiman, kondisi infrastruktur jalan setempat dan kondisi jauh-dekatnya pusat-pusat transportasi untuk keperluan dukungan tanggap-darurat, dengan mempertimbangkan musiman, bahaya, dan risiko keamanan,
4. jumlah kamar kecil bagi perempuan dan bagi laki-laki dengan perkiraan perbandingan 3:1,
5. jumlah jamban jika memungkinkan satu jamban untuk maksimal 20 orang, tetapi jika tidak tersedia jamban sama sekali, dapat dimulai dengan penyediaan satu jamban untuk 50 orang dan menurunkan jumlah pengguna menjadi 20 secepatnya.



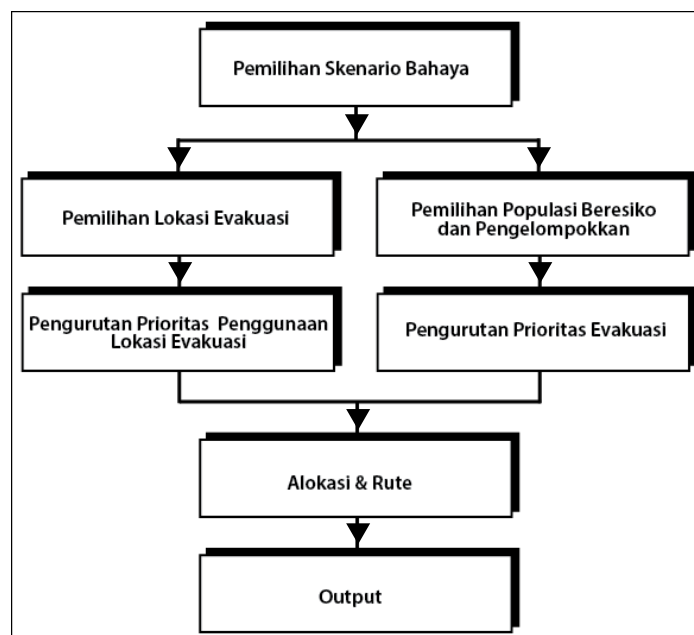
Gambar 1.4 Peta Sebaran Jumlah Pengungsi Bencana Letusan Gunung Merapi Kota Yogyakarta : Update 11 November 2010 Jam 18.00 WIB.
Sumber : BNPB (2010)



Gambar 1.5 Peta Sebaran Jumlah Pengungsi Bencana Letusan Gunung Merapi Kabupaten Klaten : Update 9 November 2010 Jam 18.00 WIB.
Sumber : BNPB (2010)

1.5.4. SAFEVolcano

SAFEVolcano adalah sebuah kerangka (*framework*) berbasis *GIS* untuk mengelola pilihan alokasi kamp evakuasi, mengingat dinamisnya bencana vulkanik yang terjadi (Jumadi, *et all.*, 2015). *SAFEVolcano* dikembangkan berdasarkan proses kinerja *geoprocessing script* dengan menggunakan *plugin ArcGIS for Python*. Hasil *tools* ini adalah kalkulasi populasi berisiko terkena dampak erupsi gunungapi, pemilihan kamp evakuasi yang aman, dan alokasi ke kamp evakuasi lain melalui rute terdekat yang ditunjukkan dalam gambar 1.6 berikut.



Gambar 1.6 General Framework *SAFEVolcano*

Sumber : Jumadi, *et all.*, (2015)

Beberapa *input* (masukan) setelah dijalankan akan menghasilkan *output* berupa lokasi evakuasi, alokasi korban, dan rute. Adapun *input* yang dimaksud dijabarkan berikut ini.

1. *Crater*, yakni data koordinat kawah yang digunakan untuk mengkalkulasi seberapa dekat populasi dari pusat bencana erupsi gunungapi. Data dapat diambil melalui *ploting GPS* atau dari citra penginderaan jauh.
2. *Hazard Scenario*, beberapa skenario erupsi gunungapi yang menggambarkan tingkatan erupsi gunungapi pada waktu lampau (terakhir).
3. *Population*, data statistik kaitannya dengan kependudukan yakni jumlah penduduk.

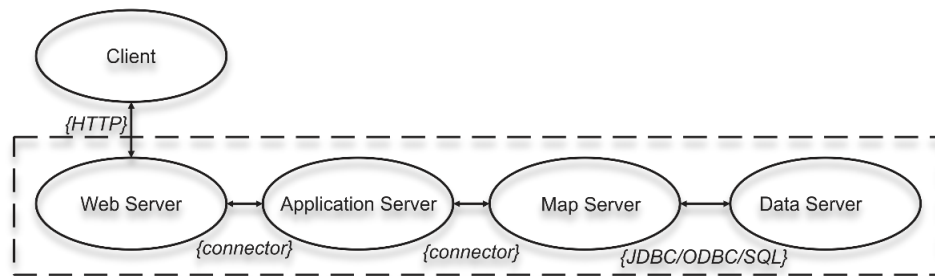
4. *Road network*, data jaringan jalan baik melalui survey *GPS*, maupun dari citra penginderaan jauh.
5. *Evacuation Site*, data lokasi yang dapat digunakan untuk evakuasi korban erupsi seperti fasilitas sekolah, tempat ibadah, dan lain-lain.
6. *Digital Elevation Model (DEM)*, data kenampakan lereng (*slope*) yang digunakan untuk proses pemilihan rute evakuasi.

Setiap parameter diproses melalui beberapa *geoprocessing* yang berbeda-beda. *SAFEVolcano* merasterisasi parameter hasil *hazard scenario* dan *road network* untuk menghasilkan *cost surface* menggunakan teknik *weighted overlay* bersama dengan kelas hasil kelerengan (*slope*). *Cost surface* merupakan *input* untuk pembuatan *cost distance* guna melakukan *tracking* dari akumulasi biaya jarak yang terendah dari titik bahaya erupsi menuju lokasi aman. *Cost backlink* digunakan untuk mengidentifikasi pergerakan sel data raster dari sel yang memiliki biaya akumulasi tinggi ke sel dengan biaya akumulasi rendah menuju lokasi tujuan terdekat. *Cost backlink* meninjau sel tujuan yang terendah dari sel sumber menggunakan acuan arah yang ditandai dengan nilai *right* (1), *lower-right* (2), *down* (3), *lower-left* (4), *left* (5), *upper-left* (6), *up* (7), dan *upper-right* (8). Akumulasi biaya yang dihasilkan *cost distance* dan *cost backlink* kemudian dilakukan *cost path* sebagai eksekusi akhir menghitung biaya *tracking* terendah.

Proses akhir adalah melakukan iterasi (*looping*) dari pemrosesan parameter sebelumnya yakni pembuatan *vector polyline* rute terdekat (termurah) dari populasi yang berisiko (*population at risk*) menuju ke lokasi evakuasi aman yang ada. Lokasi evakuasi aman memiliki kapasitas yang terbatas maka dilakukan iterasi (*looping*) ke lokasi evakuasi aman yang ada lainnya. Hasil akhir dari *SAFEVolcano* kemudian menunjukkan rute terdekat (termurah) mana saja yang menuju ke lokasi evakuasi aman di luar skenario bahaya (*hazard scenario*). Hasil berformat *vector polyline* yang berisi atribut bernama `SOURCE_ID`, `SITE_ID`, `EVACUEES`, dan `FLOW`. Atribut `SOURCE_ID` menunjukkan id dari *feature polygon* dari populasi yang berisiko, `SITE_ID` menunjukkan *id* dari *feature point* setiap lokasi evakuasi yang dituju, `EVACUEES` menunjukkan jumlah korban yang dialokasi, sedangkan `FLOW` menunjukkan keterangan aliran evakuasi dari `SOURCE_ID` ke `SITE_ID`.

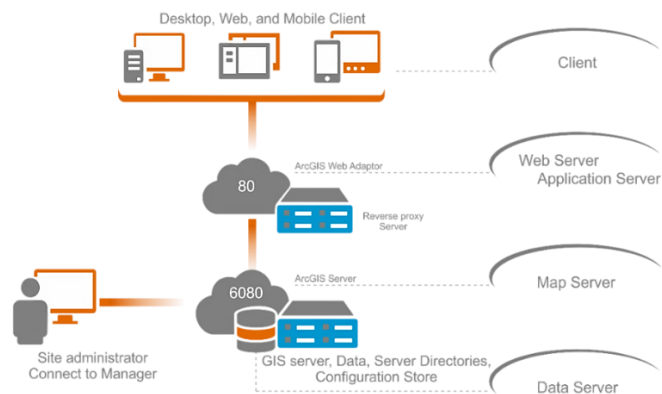
1.5.5. WebGIS

Berdasarkan Prahasta (2007) *webGIS* adalah aplikasi *GIS* atau pemetaan digital yang memanfaatkan jaringan internet sebagai media komunikasi yang berfungsi mendistribusikan, mempublikasikan, mengintegrasikan, mengkomunikasikan dan menyediakan informasi dalam bentuk teks, peta digital, serta menjalankan fungsi-fungsi analisis dan *query* yang terkait dengan *GIS* melalui jaringan internet. *WebGIS* secara penuh disediakan untuk kemudahan pengguna mengakses data spasial, informasi spasial, dan pemodelan spasial. Komponen dasar data spasial yang berada pada *server* agar dapat sebuah *webGIS* dishare kepada *client* dapat dilihat pada Gambar 1.7.



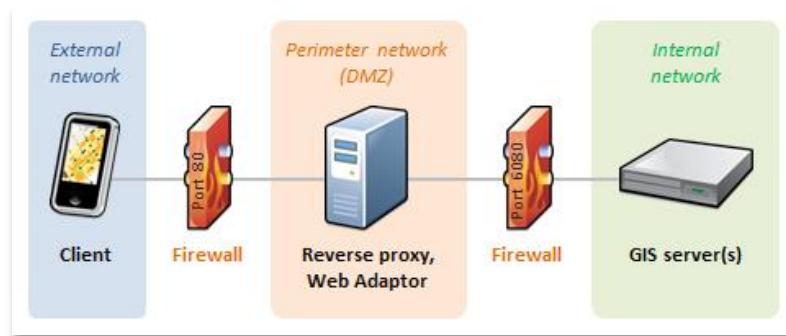
Gambar 1.7 Multi-tier Client-server WebGIS Architecture
Sumber : Sneha Rao dan Sri Vinay (2009)

Peneliti menggunakan *ArcGIS server* sebagai *GIS server* yang berada lingkungan *ArcGIS* produk dari *Esri Incorporate*. *ArcGIS server* yang terinstall dalam sebuah komputer *server* berada pada port 6080 atau 6443. *Browser* digunakan untuk mengakses *GIS server* melalui alamat komputer *server* <http://gisserver.domain:6080> atau <https://gisserver.domain:6443>. Layanan *ArcGIS server* melalui port 6080 dan 6443 diubah ke port standar yakni port 80 dan 443 (HTTP dan HTTPS) dengan cara melakukan penginstallan *ArcGIS Web Adaptor*. *ArcGIS Web Adaptor* akan mengkonfigurasi *GIS server* agar *client* dapat mengakses melalui alamat yang dicantumkan dalam *web browser* <http://gisserver.domain.com> atau <http://proxy.domain.com/myGIS>. Arsitektur *ArcGIS Server* untuk mendistribusikan *webGIS* dalam penelitian ini menggunakan *Single-machine deployment with reverse proxy server* dimana hanya menggunakan satu mesin *GIS server* untuk melayani *client* yang ditunjukkan dalam Gambar 1.8 berikut.



Gambar 1.8 *Single-machine Site With A Third-party Reverse Proxy Installed on A Dedicated Web Server* dengan modifikasi penulis
 Sumber : Anonim^c (2015)

Konfigurasi *reverse proxy web server* mengisolasi *ArcGIS Server* di belakang *firewall*. *Reverse proxy web server* menerima permintaan yang masuk, lolos ke *ArcGIS Server* melalui *firewall* lain melalui port 6080 atau 6443 (*HTTP* atau *HTTPS*), dan mengirimkan respon kembali ke *client*. *Reverse proxy server* yang berada dalam jaringan, membantu admin mengontrol akses ke jaringan internal dengan aman (Gambar 1.9).



Gambar 1.9 *Reverse Proxy Server Would Reside in A Perimeter Network*
 Sumber : Anonim^d (2015)

Melalui Port 80 maupun 443 (*HTTP* dan *HTTPS*), *client* mengakses *webGIS*. *WebGIS* di lingkungan *ArcGIS* khususnya pada *ArcGIS Server* terdapat beberapa pilihan bahasa pemrograman yakni *ArcGIS API for JavaScript*, *ArcGIS API for Flex*, dan *ArcGIS API for Silverlight*. Penelitian ini menggunakan *JavaScript API* dalam membangun *web application*. Konsep dasar yang diperlukan untuk memahami sebelum melakukan pengembangan aplikasi *GIS* menggunakan *ArcGIS API for JavaScript*, yakni *HTML*, *JavaScript*, dan *CSS* (Pimpler, 2014).

a. *HTML (Hypertext Markup Language)*

HTML (Hypertext Markup Language) adalah sebuah Bahasa markah yang digunakan untuk membuat sebuah halaman *web*, menampilkan berbagai informasi di dalam sebuah penjelajah *web* internet dan pemformatan hiperteks sederhana yang ditulis dalam berkas *format ASCII* agar dapat menghasilkan tampilan wujud yang terintegrasi (Anonim^d, 2015). *File HTML* memiliki ekstensi *.html* atau *.htm*, misalnya saja halaman *Index.html* atau *Index.htm*. Halaman *web* dapat dibuat menggunakan *texteditor* seperti *Notepad*, *Microsoft Word*, *Sublime*, dan lain-lain. Halaman *HTML* pada dasarnya mengandung bagian *tags* inti yakni *<DOCTYPE>*, *<html>*, *<head>*, *<title>*, dan *<body>*, seperti contoh halaman *HTML4.01* di bawah ini.

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
    <title>Map</title>
  </head>
  <body>
    WebGIS
  </body>
</html>
```

Peneliti menggunakan *HTML5* dalam pembuatan aplikasi *GIS* berbasis *mobile*. Menurut Anonim^e (2015) kelebihan *HTML5* untuk *mobile GIS* meliputi:

1) Mendukung Situs *Mobile* dan Aplikasi

HTML5 mampu dimuat secara *cross platform* dalam berbagai *browser* dan *device* (perangkat).

2) *Caching Map Tiles*

webGIS tampilan peta utama merupakan potongan peta (*caching map tiles*). Solusi besarnya data spasial yang diambil dari *server GIS* dapat ditanggulangi dengan potongan peta (*caching map tiles*).

3) *HTML5 Canvas*

HTML5 dapat bekerja secara *cross platform* berdampak juga pada aplikasi *GIS* yang diimplementasikan di dalamnya, sehingga tidak perlu membangun aplikasi *GIS* untuk masing-masing *platform* lagi.

4) HTML5 In Practice

Tools dapat digunakan secara mudah untuk membuat sebuah *map* dimana *developer* dapat menambahkan dan atau memakai *icon*. *Leaflet* adalah sebuah *Javascript API Opensource* yang dapat didownload dan dipergunakan secara gratis. Aplikasi *leaflet* yang dibuat oleh *CloudMade* ini dapat dioperasikan dari *desktop*, *web browser* dan *mobile device*. Beberapa kasus penggunaan *database HTML5* dalam *GIS* memanfaatkan *GeoJSON*. *GeoJSON* merupakan encoding *open* format data geografis bertipe *JavaScript Open Notation*. *GeoJSON* ini disupport beberapa database antara lain *ESRI Personal Geodatabase*, *ODBC*, *Postgre*, dan *MySQL*.

Peneliti menggunakan kode dari *ArcGIS API for JavaScript* untuk membangun aplikasi *GIS* yang akan dimasukkan ke dalam halaman *web HTML5*. *ArcGIS for Javascript* kode kemudian ditulis dalam tag `<head></head>` dan di antara tag `<script></script>`. Tag `<script></script>` merupakan tag berisi kode *JavaScript* maupun pemanggilan *file JavaScript* dengan ekstensi `.js`.

b. JavaScript

JavaScript adalah bahasa pemrograman berbasis *java* yang merupakan *interface* pembantu dalam pemrograman *web* (Anonim^f, 2015). *JavaScript* sudah tertanam dalam berbagai *browser* seperti *Internet Explorer*, *Firefox*, *Chrome*. *JavaScript* mampu membuat aplikasi *web* dinamis sehingga aplikasi dapat lebih responsif dan *user friendly*. *ArcGIS for JavaScript* sendiri merupakan bahasa pemrograman *JavaScript* yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi *GIS* (lingkup *ArcGIS*) yang terintegrasi dalam sebuah *web*.

ArcGIS Server dilengkapi dengan beberapa pilihan *API* (*Aplication Programming Interface*) sesuai keinginan *developer webGIS*, seperti : *ArcGIS API for JavaScript*, *ArcGIS API for Flex*, dan *ArcGIS API for Silverlight*. Penelitian menggunakan *ArcGIS API for JavaScript* dimana dalam *API* ini berisi fungsi-fungsi terkait manipulasi visualisasi peta di aplikasi. *ArcGIS API for JavaScript* ini dilengkapi dengan fitur standar diantaranya *zoom*, *pan*, *marker*, dan lain-lain. Kelas objek pada *ArcGIS for JavaScript* di *ArcGIS Server* meliputi :

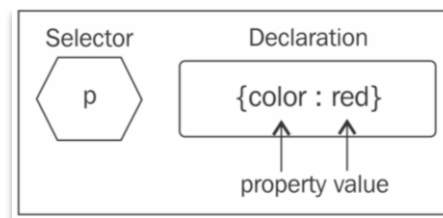
1. *Map* : kelas peta dan fungsi pengaturan peta dasar.
2. *Graphic* : kelas dan fungsi untuk menggambarkan suatu objek di atas peta. Graphic dapat berupa objek *symbol*, *geometry*, atau *InfoTemplate*.
3. *InfoTemplate* : kelas dan fungsi untuk pengaturan penampilan/template info pada peta.
4. *SpatialReference* : referensi spasial yang mengacu ke standar tertentu (*wkid*).
5. *Units* : kelas satuan.
6. *dijits* : kelas bentukan untuk menampilkan jendela info pada peta.
7. *geometry* : kelas *geometry* dan fungsi untuk manipulasinya yang meliputi *point*, *line*, *polyline*, dan *polygon*.
8. *layers* : kelas dan fungsi manipulasi layer pada peta.
9. *renderer* : kelas dan fungsi untuk *render* (mengirimkan) *graphic* (objek tertentu) pada peta.
10. *symbol* : kelas dan fungsi untuk menggambarkan *geometry* pada peta.
11. *tasks* : kelas dan fungsi *tasks* yang dapat dikenakan pada peta, contoh: *query*, *routing*, dsb.
12. *toolbars* : kelas dan fungsi untuk menampilkan *toolbar* navigasi pada peta.
13. *virtualearth*.

Library kelas-kelas di atas dan segala fungsinya dibangun menggunakan *dojo* sebagai framework *JavaScript*. Paket *bundle dojo* yang diunduh melalui situs resmi Esri terdiri dari :

1. *Dojo* : berisi kelas dan fungsi dasar *dojo* untuk membangun fungsi baru sesuai kebutuhan pengguna berbasis *JavaScript*. Jadi pada saat menulis *script*, pengguna menggunakan cara penulisan seperti yang sudah didefinisikan oleh *dojo*. Contoh: fungsi *getElementById()* pada *dojo* menjadi *dojo.byId()*
2. *Dijit* : berisi kelas dan fungsi bentukan yang dapat langsung digunakan, seperti kelas *form*, kelas *layout*, kelas *dialog* dll.
3. *Dojox* : berisi kelas dan fungsi bentukan pada level yang lebih rumit, seperti: kelas grafik, tampilan menu *fish eye (like mac)*, dan sebagainya.

c. *Cascading Style Sheets (CSS)*

Cascading Style Sheets (CSS) adalah bahasa yang digunakan untuk mendeskripsikan *element HTML* yang ditampilkan dalam sebuah halaman *web* (Pimpler, 2014). CSS ini berhubungan dengan desain visual dari tampilan sebuah *web*, misalnya *font*, *background*, warna, ukuran *font*, link warna, dan banyak lagi. Desain *web* dengan CSS, mempunyai dua aturan yaitu, *selector* dan *declaration*. *Selector* merupakan keunikan dari elemen *HTML* yang hendak dilakukan pengaturan *style*. *Declaration* merupakan *property* dan *value* dari pengaturan elemen *HTML* yang dipilih, misalnya *property* *color* (warna) yang diubah ke dalam *value* *red* (merah) diperjelas pada Gambar 1.10.



Gambar 1.10 CSS Syntax
Sumber : Pimpler (2014)

1.5.6. Android

Menurut Kadir (2013) *android* merupakan sistem operasi *open source*, sebagai konsekuensinya siapapun boleh memanfaatkannya dengan gratis, termasuk dalam hal kode sumber yang digunakan untuk menyusun sistem operasi tersebut. Kode sumber yang bersifat terbuka ini memungkinkan perangkat lunak dapat dimodifikasi secara bebas dan didistribusikan oleh para pembuat perangkat, operator nirkabel, dan *developer* (pengembang) aplikasi. Kegiatan modifikasi perangkat lunak ini dilakukan untuk memperluas fungsionalitas perangkat. *Smartphone android* dikategorikan dalam *mobile GIS*. Kemampuan *smartphone android* ini dipercaya dapat mendukung pemanfaatan data spasial melalui jaringan internet dan *GPS*. Perluasan kemampuan *smartphone android* diintegrasikan dalam pemasangan aplikasi dengan ekstensi *.apk*.

1.5.7. Penelitian Sebelumnya

Jumadi, *et al.*, (2015), dalam penelitaian dengan judul “*SAFEVolcano : Spatial Information Framework for Volcanic Eruption Evacuation site Selection-allocation*” bertujuan membuat *GIS* berbasis *framework* untuk mengelola pemilihan alokasi kamp evakuasi yang dikembangkan dan didemonstrasikan dengan *ArcGIS Python Plugins*. Metode yang digunakan peneliti adalah pengembangan *tools plugin* yang berada di lingkungan perangkat lunak *GIS* terkait desain evakuasi erupsi gunungapi. Peneliti merancang dan mengembangkan *geoprocessing script* berdasarkan bahasa pemrograman *python* dan mengimplementasikan dalam perangkat lunak *ArcGIS for Desktop* dalam usaha otomatisasi, kemudahan dan kehandalan menghasilkan *output* yang berupa : (1) Pemilihan lokasi evakuasi yang aman dari bahaya erupsi, dan (2) Pemilihan rute menuju lokasi evakuasi aman terdekat.

Hyun-Suk Hwang, *et al.*, (2015), dalam penelitian berjudul “*A Web-based System for Shelter and Evacuation Path Selection Using Spatial Models in Disaster Situations*” bertujuan membangun aplikasi *web* berbasis spasial untuk mengidentifikasi *shelter* evakuasi yang pantas digunakan untuk menyelamatkan warga sipil yang bertempat tinggal di zona bahaya bencana melalui rute evakuasi terpendek. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Web Developing*, pemilihan *shelter* evakuasi aman, pemilihan rute evakuasi aman. Pada penelitian ini *developing web* berbasis spasial peneliti menggunakan *plugin* lintas *browser* yakni *Microsoft Silverlight* yang dilayani dengan *ArcGIS for Server* dan *IIS*. Pemilihan *shelter* evakuasi aman, peneliti melakukan cek lapangan pada beberapa lokasi atau *shelter* evakuasi yang merupakan *public area* seperti gedung, kediaman, tempat ibadah, sekolahan, universitas, dan lain-lain. Penentuan rute evakuasi terpendek digenerasi menggunakan kapabilitas ekstensi *network analysis* yang menghubungkan lokasi *user* (lokasi bahaya) menuju lokasi atau *shelter* evakuasi terdekat. Hasil penelitian ini berupa sistem aplikasi *web* untuk memandu semua pengunjung menemukan tempat penampungan dan rute terpendek ke daerah aman untuk mencegah banyak korban jiwa.

Cipta Nur Asa (2012), dalam penelitian berjudul “Pemodelan Spasial Sistem Informasi Geografis Penentuan Jalur Evakuasi Di Lereng Selatan Gunungapi Merapi dengan Luaran *Android Mobile Application*” bertujuan membangun basis data spasial yang memuat informasi terkait faktor-faktor penentu jalur evakuasi Gunungapi Merapi dengan menggunakan kajian penginderaan jauh dan sistem informasi geografis di wilayah Kabupaten Sleman. Peneliti melakukan pengelolaan dan pemrosesan data spasial dalam aplikasi *android* menggunakan integrasi antara *Android Software Development Kit* dan *Google Maps Android V2 API*. Hasil uji kinerja jalur evakuasi menunjukkan nilai waktu tempuh di lapangan lebih cepat dibandingkan waktu tempuh hasil dan aplikasi jalur evakuasi Merapi bekerja dengan cukup baik di aplikasi *android* mengingat perangkat *mobile* yang dilengkapi dengan perangkat *GPS location* dapat membantu korban dalam memandu kegiatan evakuasi.

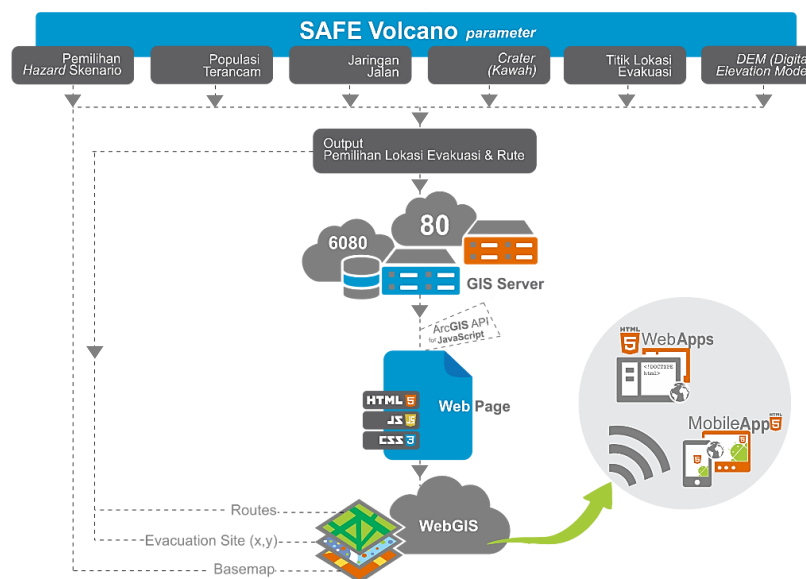
Penelitian ini mengambil dan menggabungkan konsep penelitian sebelumnya kemudian melakukan inovasi menjadi sebuah penelitian baru. Kajian mitigasi bencana letusan gunungapi diambil dari konsep desain evakuasi *tools SAFEVolcano* yang menjadi inti bahasan penelitian ini. Desain evakuasi yang dihasilkan kemudian diperluas kegunaannya dengan mengintegrasikan dan mengkomunikasikan data *GIS* dalam bentuk aplikasi *web* berbasis spasial. Data *GIS* dalam bentuk *web* merupakan diseminasi data spasial yang dilayani oleh *server* seperti yang dilakukan Hyun-Suk Hwang, *et al.*, (2015). Kegunaan data *GIS* diperluas lagi dengan mengintegrasikan aplikasi *web* ini dalam aplikasi berformat *mobile android* mengingat bahwa korban bencana lebih dimudahkan dengan perangkat genggam yang dilengkapi dengan *GPS location*. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada konsep desain evakuasi yang mana *tools* yang digunakan adalah otomatisasi *plugin SAFEVolcano*. Perbedaan lainnya yakni penelitian ini menggunakan *ArcGIS API for JavaScript* sebagai *framework* sekaligus *library* untuk melakukan pemuatan peta di aplikasi *GIS* berbasis *web* yang mendukung lintas *platform* perangkat *desktop* maupun *mobile*. Penelitian sebelumnya dijabarkan dalam tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Penelitian Sebelumnya.

Peneliti	Jumadi, <i>et all.</i> , (2015)	Hyun-Suk Hwang, <i>et all.</i> , (2015)	Cipta Nur Asa (2012)	Ivan Aryant Putra (2016)
Judul	<i>SAFEVolcano : Spatial Information Framework for Volcanic Eruption Evacuation Site Selection-allocation.</i>	<i>A Web-based System for Shelter and Evacuation Path Selection Using Spatial Models in Disaster Situations</i>	Pemodelan Spasial Sistem Informasi Geografis Penentuan Jalur Evakuasi di Lereng Selatan Gunungapi Merapi dengan Luaran <i>Mobile Application</i>	Model Evakuasi Erupsi Gunung Merapi Menggunakan <i>SAFEVolcano</i> dengan Visualisasi <i>Web</i> Berbasis Spasial dan Aplikasi <i>Android</i>
Tujuan	Membuat <i>GIS</i> berbasis framework untuk mengelola pemilihan alokasi kamp evakuasi yang dikembangkan dan didemonstrasikan dengan <i>ArcGIS Python Plugins</i> .	Menciptakan sistem aplikasi <i>web</i> untuk memandu semua pengungsi menemukan tempat penampungan dan rute terpendek ke daerah aman untuk mencegah banyak korban jiwa.	Membangun basis data spasial yang memuat informasi terkait faktor-faktor penentu jalur evakuasi Gunungapi Merapi dengan menggunakan kajian Penginderaan Jaud dan Sistem Informasi Geografis di wilayah Kabupaten Sleman.	1.Mengetahui hasil model evakuasi erupsi Gunung Merapi menggunakan <i>tools SAFEVolcano</i> untuk menghasilkan lokasi evakuasi, alokasi korban evakuasi, dan rute evakuasi. 2.Mengetahui integrasi hasil model evakuasi erupsi Gunung Merapi dalam aplikasi <i>web</i> dan <i>android</i> guna mewujudkan peta interaktif yang kaitannya dengan solusi evakuasi korban bencana erupsi Gunung Merapi.
Metode	Pengembangan <i>geoprocessing script</i> dalam <i>script</i> berdasarkan bahasa pemrograman <i>python</i> dan mengimplementasikan dalam <i>ArcGIS Desktop</i> .	<i>Web Developing</i> , pemilihan <i>shelter</i> evakuasi aman, pemilihan rute evakuasi aman.	Pengumpulan basis data spasial, dan <i>Android application developing</i>	Analisis data sekunder, cek lapangan, analisis dengan <i>GIS tools</i> , dan <i>web developing</i> .
Hasil	1. Pemilihan lokasi evakuasi yang aman dari bahaya erupsi. 2. Pemilihan rute menuju lokasi evakuasi aman terdekat.	Sistem aplikasi <i>web</i> untuk memandu semua pengungsi menemukan tempat penampungan dan rute terpendek ke daerah aman untuk mencegah banyak korban jiwa.	Hasil uji kinerja jalur evakuasi menunjukkan nilai waktu tempuh di lapangan lebih cepat dibandingkan waktu tempuh hasil dan aplikasi jalur evakuasi Merapi bekerja dengan cukup baik.	1.Model evakuasi Gunung Merapi berdasarkan KRB I, II, dan III berupa rute terdekat untuk mengalokasikan korban menuju lokasi evakuasi aman. 2.Peta interaktif (aplikasi <i>webGIS</i> dan <i>android</i>) terkait solusi pemilihan lokasi, rute terdekat, dan alokasi menuju lokasi evakuasi aman.

1.6. Kerangka Pemikiran

Ketika terjadi erupsi Gunung Merapi, masyarakat perlu dievakuasi ke lokasi maupun fasilitas masyarakat yang dianggap aman seperti masjid, sekolah, gedung pertemuan, dan lain-lain. Design evakuasi gunungapi pada penelitian ini dilakukan dengan mengaplikasikan *SAFEVolcano* yang didasarkan pada parameter (*input*), yakni ; (1) *hazards scenario*, (2) *population*, (3) *evacuation Site*, (4) *road network*, (5) *Crater*, dan (6) *DEM (Digital Elevation Model)*. Hasil (*output*) yakni, lokasi evakuasi yang sesuai, alokasi korban, dan rute menuju lokasi evakuasi. Parameter dan luaran (*output*) dipublish ke *GIS Server* agar setiap *feature* memiliki alamat *URL (uniform resource locator)* sebagai modal peneliti membuat halaman *web*. Halaman *web* dibuat menggunakan *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript* termasuk di dalamnya halaman peta dengan komparasi *ArcGIS for JavaScript framework*. Halaman peta disesuaikan dengan ketiga *hazard scenario* yakni berdasarkan skenario I, skenario II, dan skenario III beserta hasilnya masing-masing. Peta interaktif yang tersusun dalam halaman *web* merupakan susunan *layer* dimana data masukan (*input*) *SAFEVolcano* dikategorikan sebagai *basemap* sedangkan luaran (*output*) dikategorikan sebagai *layer* yang bersifat dinamis. *WebGIS* akan didistribusikan, dipublikasikan, diintegrasikan, dikomunikasikan dan disediakan dalam sebuah virtualisasi komputer *server*, komputer *client*, dan *mobile client (smartphones)* yang dapat dilihat dalam gambar 1.11.



Gambar 1.11 Diagram Alir Kerangka Pemikiran

1.7. Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah analisis dari beberapa sumber data sekunder. Data sekunder yang didapat berasal dari beberapa sumber instansi terkait dan *online* melalui situs penyedia *database* lokasi di wilayah penelitian. Metode cek lapangan berupa *ploting GPS* lokasi evakuasi aman dan penambahan atribut dan pengambilan gambar (foto). Pengolahan data parameter menggunakan teknik *GIS* (*Geographic Information System*) dan pengembangan (*developing*) *web* berbasis spasial. Teknik *GIS* (*Geographic Information System*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan *add on toolboxes SAFEVolcano* yang dikembangkan berdasarkan pemrograman *python*. Analisis menggunakan *GIS tools* ini melibatkan format data pendukung pemrosesan parameter yakni format data *vector* (*point feature*, *line feature*, dan *polygon feature*) dan format data *raster*. Pengembangan *web* berbasis spasial menggunakan bahasa pemrograman *HTML5*, *CSS3*, *JavaScript*, dan *ArcGIS API for JavaScript*. Perjalanan *GIS data* akan divirtualisasikan dengan integrasi antara komputer *server*, komputer *client*, dan *smarthphone android* yang merupakan simulasi aplikasi di jaringan internet.

1.7.1. Instrumen Penelitian

a. Alat yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan beberapa alat (*tools*) yang digunakan.

1. Perangkat komputer (*hardware*) yang bertindak sebagai *server* dan *client*.
2. Perangkat *network* yakni *Wi-Fi :Bolt! Mobile Wi-fi Orion* yang bertindak sebagai *router* lintas jaringan internet antara *server* dan *client*.
3. Perangkat lunak *Android Emulator* sebagai *client* dan penguji aplikasi *android* sebelum dilakukan test pada perangkat sesungguhnya: *Genimotion*.
4. Perangkat *mobile* sebagai *client* dan penguji aplikasi *android* : *Android Sony Xperia Neo L*.
5. Perangkat lunak yang digunakan sebagai virtualisasi *server* : *VMware 12*, *Windows Server 2012*, *Microsoft SQL Express 2014*.

6. Perangkat lunak (*software GIS*) untuk pengolahan, pengeolaan, dan pelayanan data spasial : *ArcGIS 9.3, ArcGIS 10.3, ArcGIS for Server 10.3, ArcGIS Editor for Openstreetmap, ArcGIS for JavaScript v3.15*, dan berkas *file geoprocessing script SAFEVolcano* dengan ekstensi *.py*.
7. Perangkat lunak (*software web*) sebagai *text editor* dalam kegiatan pemrograman *web* : *Sublime Text 3*.
8. Perangkat lunak (*software web*) sebagai *web server*: *IIS (Internet Information Service) 8.5*.
9. Perangkat lunak (*software web*) sebagai *web browser* : *Google Chrome*.
10. Perangkat lunak pengembangan aplikasi *android* : *Phonegap Cordova, Node.js* dan *Android SDK (Software Development Kit)*.
11. Perangkat tambahan : *GPS* dan Kamera.

b. Jenis dan Sumber Data

Data yang diperlukan penelitian ini didapat dari beberapa sumber data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait dan *online*.

1. Data koordinat kawah Gunung Merapi intepretasi citra *google earth* Tahun 2015 (*online*).
2. Data Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunung Merapi Tahun 2010 : sumber Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
3. Data Administrasi : diperoleh dari peta RBI, sumber BIG Tahun 2004.
4. Data Jalan : diperoleh dari peta RBI, sumber BIG Tahun 2014.
5. Data Hipsografi : diperoleh dari peta RBI, yang diturunkan ke dalam DEM (*Digital Elevation Model*) melalui fungsi *Topo to Raster*, sumber BIG Tahun 2014.
6. Data Titik Lokasi Evakuasi (x, y, dan atribut) : diperoleh secara *online* dari *www.openstreetmap.org* melalui *ArcGIS Editor for Openstreetmap* dan data cek lapangan berdasarkan peta sebaran jumlah pengungsi bencana letusan Gunung Merapi Kota Yogyakarta dan Kabupaten Klaten Tahun 2010.
7. Data Jumlah Penduduk (Kecamatan dalam Angka) : sumber BPS Tahun 2014

1.7.2. Tahapan Penelitian

a. Tahap Persiapan

Tahap persiapan yang dilakukan yakni persiapan meliputi : (1) studi literatur mengenai materi, tutorial, dan referensi terkait penelitian, (2) persiapan perangkat komputer, perangkat lunak *GIS* dan *web*, dan (3) persiapan data terkait penelitian seperti : data skenario erupsi Gunung Merapi, data administrasi, data jalan, data hipsografi (kontur), data lokasi evakuasi, data jumlah penduduk per unit Kecamatan.

b. Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan ini peneliti melakukan beberapa pelaksanaan kerja studio dimana : (1) desain *hazard scenario* sesuai dengan peta kawasan rawan bencana (KRB) Gunung Merapi yang ditampilkan dalam perangkat lunak *ArcGIS* dalam format *.shp*, (2) pencarian titik koordinat (x dan y) kawah (*crater*) secara *online* melalui pengamatan citra penginderaan jauh via *google earth imagery*, dan (3) pencarian data lokasi evakuasi (*evacuation Site*) secara *online* melalui perangkat lunak *ArcGIS* dengan *plugin ArcGIS Editor for OpenStreetmap 10.3*. Lokasi evakuasi dari BNPB Tahun 2010 di sebagian Desa dicantumkan sebagai rekomendasi lokasi evakuasi (Gambar 1.5 dan 1.4).

Tahap pengecekan lapangan dilakukan setelah tahap studio terselesaikan. Cek lapangan digunakan untuk keperluan melengkapi atribut titik lokasi evakuasi (*evacuation site*) yakni kapasitas titik lokasi menampung korban erupsi di Gunung Merapi. Tahap pelaksanaan memerlukan pengecekan lapangan pada beberapa data yang diperoleh secara *online* seperti misalnya lokasi evakuasi dan lokasi evakuasi rekomendasi BNPB Tahun 2010. Pengambilan gambar atau foto sampel titik lokasi evakuasi digunakan untuk tampilan pelengkap informasi *webGIS*.

Pemilihan lokasi evakuasi pada tahap studio dan cek lapangan didasarkan pada karakteristik bangunan yang berhubungan dengan performa bangunan terhadap proses evakuasi, yakni : (1) fasilitas publik yang cukup luas, terencana dengan baik dan memiliki (masjid, kantor, pusat perbelanjaan, gedung aula, dan gedung parkir), (2) luas minimal 10 kaki (*feet*) persegi atau 0,93 meter persegi, (3) dekat dengan penduduk, dan (4) jumlah MCK cukup melayani korban evakuasi.

c. Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara studio menggunakan beberapa perangkat komputer, perangkat lunak *GIS*, dan perangkat lunak *web*. Semua data yang diperoleh dari tahap persiapan dan pelaksanaan akan diterjemahkan kedalam data bereferensi geografis. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data.

c.1. Cek data

Pengecekan data diperlukan manakala data yang diperoleh di lapangan dengan data yang sebelumnya diperoleh secara *online*. Pengecekan berdasarkan titik koordinat dan kesesuaian dengan data yang diperoleh secara *online*. Data yang dicek adalah data lokasi evakuasi baik secara koordinat, kapasitas dan kelayakan lokasi.

c.2. Penyusunan data dan klasifikasi data

Data yang diperoleh dari tahap persiapan dan dan tahap pelaksanaan disusun dan diklasifikasikan sesuai dengan parameter yang nantinya di *running* dengan *geoprocessing script SAFEVolcano*. Data harus disesuaikan dengan ke enam parameter *tools* tersebut. Kesesuaian penyusunan data dan klasifikasi data sesuai *tools* tersebut akan menghindarkan permasalahan dalam tahap selanjutnya atau sering disebut sebagai kesalahan (*error*).

c.3. Konversi data non-spasial ke bentuk data spasial

Data yang diperoleh melalui cek lapangan, *ploting* citra, dan data statistik populasi jumlah penduduk dikonversi menjadi data spasial. Data yang berupa data statistik, numerik, dan deskriptif akan dirubah ke dalam bentuk data dengan entitas spasial. Beberapa data yang konversi antara lain : (1) konversi data dari peta kawasan rawan bencana ke dalam bentuk *polygon feature* berformat *.shp*, (2) konversi koordinat (x dan y) kawah Gunung Merapi dirubah dalam bentuk *point feature* berformat *.shp*, (3) melengkapi data spasial administrasi dengan data jumlah penduduk, dan (4) melengkapi titik lokasi evakuasi dengan beberapa foto untuk keperluan informasi *webGIS*.

c.4. Penyeragaman referensi entitas spasial (*features*)

Semua data yang telah bererensi geografis kemudian diseragamkan baik sistem koordinat dan unitnya. Beberapa *feature* perlu diseragamkan ke dalam sistem koordinat WGS 1984 UTM 49S dengan unit meter untuk menghindari kesalahan (*error*) saat *overlay feature* dan menjalankan *tools SAFEVolcano*. Kesesuaian dan keseragaman referensi entitas spasial (*feature*) yang dibuat akan diperoleh hasil yang sesuai pula.

c.5. Pengolahan data parameter

Pengolahan data parameter dalam penelitian ini dilakukan dengan komputerisasi menggunakan *geoprocessing script SAFEVolcano* yang dikonversikan menjadi *toolbox* di lingkungan perangkat lunak *ArcGIS*. Berikut rincian secara deskriptif mengenai gambaran proses pengolahan data dalam penelitian ini.

1. *Hazards*

Data *hazard scenario* mengacu pada peta kawasan bencana (KRB) Gunung Merapi dan area terdampak letusan 2010 (gambar 1.3). Terdapat tiga *hazard scenario* dalam peta yang dimaksud, yakni : (1) kawasan rawan bencana III, (2) kawasan rawan bencana II, dan (3) kawasan rawan bencana I.

2. *Population*

Parameter ini diperlukan manakala keperluan penyelamatan penduduk di setiap Desa menuju ke titik lokasi evakuasi terdekat. Data yang digunakan adalah gabungan antara atribut data administrasi per unit Desa dan data jumlah penduduk setiap Desa.

3. *Evacuation Site*

Lokasi evakuasi (*Evacuation Site*) diperoleh secara *online* melalui www.openstreetmap.org berupa titik-titik lokasi fasilitas publik seperti sekolah, masjid, gereja, gedung pertemuan dan lain-lain. Lokasi evakuasi secara *online* kemudian *dimerge* dengan lokasi evakuasi dari BNPB saat terjadi erupsi Gunung Merapi tahun 2010 (Gambar 1.4. dan 1.5). Data yang diperoleh melalui cek lapangan digunakan untuk melengkapi atribut titik lokasi evakuasi terkait dengan kapasitas bangunan menampung korban dan pengambilan gambar di titik lokasi.

4. Road Network

Parameter ini merupakan masukan (*input*) jaringan jalan di sekitar gunungapi yang menghubungkan zona bahaya (*hazard zone*) dengan lokasi evakuasi.

5. Crater

Parameter *crater* menginformasikan mengenai titik koordinat kawah Gunung Merapi (*hazard center*). Data yang diperoleh melalui interpretasi citra *google earth* untuk memperoleh x dan y *hazard center*.

6. DEM (Digital Elevation Model)

Parameter *DEM (Digital Elevation Model)* diperoleh melalui turunan data hipsografi di wilayah penelitian menggunakan *tools Topo to Raster*. *Cell size* saat mengubah data hipsografi ke format raster harus bernilai 30 x 30.

d. Tahap Analisis Data

Tahap analisis mengacu pada tiga skenario bahaya (*hazard scenario*) menurut kawasan rawan bencana (KRB) dan area terdampak Gunung Merapi tahun 2010. Luaran (*output*) *SAFEVolcano* yang dihasilkan, berupa analisis pada ketiga skenario untuk menghasilkan tiga kemungkinan. Kemungkinan pada ketiganya berisi mengenai titik lokasi evakuasi mana saja yang aman berdasarkan, rute mana saja yang dianggap, dan titik lokasi mana yang perlu dialokasikan menuju lokasi evakuasi lainnya (tabel 1.3).

Tabel 1.3 Analisis Data Berdasarkan *Hazard Skenario* Gunung Merapi 2010

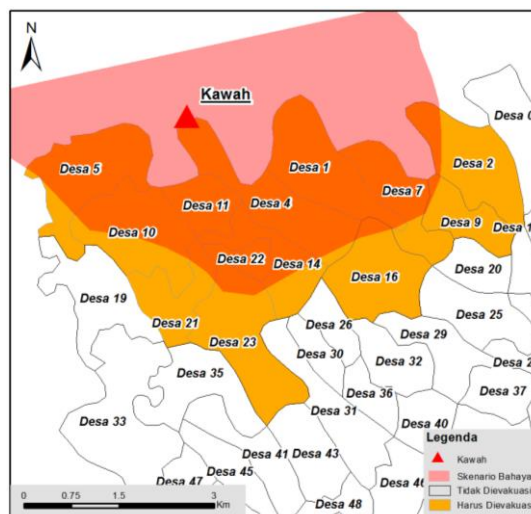
Tabel 1.5 Analisis Data Berdasarkan Hazard Skenario Gunung Merapi 2016			
Parameter	Skenario I	Skenario II	Skenario III
Hazard	Kawasan Rawan Bencana III (vector)	Kawasan Rawan Bencana II (vector)	Kawasan Rawan Bencana I (vector)
Population	Data Administrasi dan Jumlah Populasi Penduduk per Desa (vector)		
Evacuation Site	Data Titik Lokasi Evakuasi (vector)		
Road Network	Data Jalan (vector)		
Crater	Data Titik Koordinat Kawah (vector)		
DEM	Data Lereng (raster)		
SAFEVolcano			
Analisis	Kemungkinan I : 1. pemilihan lokasi evakuasi, 2. alokasi korban, 3. rute terdekat.	Kemungkinan II : 1. pemilihan lokasi evakuasi, 2. alokasi korban, 3. rute terdekat.	Kemungkinan II : 1. pemilihan lokasi evakuasi, 2. alokasi korban, 3. rute terdekat.

d.1. Pemilihan lokasi evakuasi dalam *SAFEVolcano*

Pemilihan lokasi evakuasi (*point feature*) didasarkan pada letaknya yang berada di luar zona skenario bahaya (*polygon feature*).

d.2. Alokasi korban dalam *SAFEVolcano*

Penentuan alokasi korban didasarkan pada data populasi yang terinput dalam data spasial administrasi per unit Desa ditinjau dengan pertimbangan skenario bahaya (KRB I, II, dan III). Data spasial administrasi yang tumpang tindih dengan data skenario bahaya diasumsikan bahwa jumlah populasi yang mendiami Desa tersebut termasuk dalam korban yang harus dievakuasi. Contoh berikut, populasi di Desa dengan No. 5, 10, 11, 4, 22, 21, 23, 14, 16, 7, 9 dan 2 harus dievakuasi menuju lokasi evakuasi aman terdekat. Lokasi evakuasi yang tidak mampu menampung populasi di Desa tersebut maka dialokasikan menuju lokasi evakuasi aman terdekat lainnya dengan akses jalan (gambar 1.12).



Gambar 1.12 Peta Desa dalam Zona Bahaya

Alokasi korban untuk mendistribusikan korban yang berisiko terkena dampak bencana Gunung Merapi dengan beberapa pertimbangan, yakni unit populasi penduduk per Desa, kapasitas titik evakuasi, prioritas titik evakuasi (aman dan terdekat). Data yang diperlukan berupa data spasial administrasi (*polygon feature*) yang dipadu dengan atribut jumlah penduduk per unit Desa.

d.3. Rute terdekat dalam *SAFEVolcano*

Jumadi, *et al.*, (2015), mengasumsikan bahwa rute evakuasi adalah jalan terdekat menuju titik lokasi evakuasi terdekat dengan kondisi lereng (*slope*) yang datar,

kondisi jalan yang lebar dan bagus dari area berbahaya. Analisis rute dalam *SAFEVolcano* dipertimbangkan berdasarkan kondisi topografis dan jaringan jalan. Kondisi topografis diperoleh dari data hipsografi yang diubah menjadi data raster *DEM (Digital Elevation Model)*. Pembobotan lereng (*slope*) kemudian digunakan untuk menentukan rute jalur evakuasi terdekat dengan *cost* terkecil guna melakukan evakuasi tercepat (tabel 1.4).

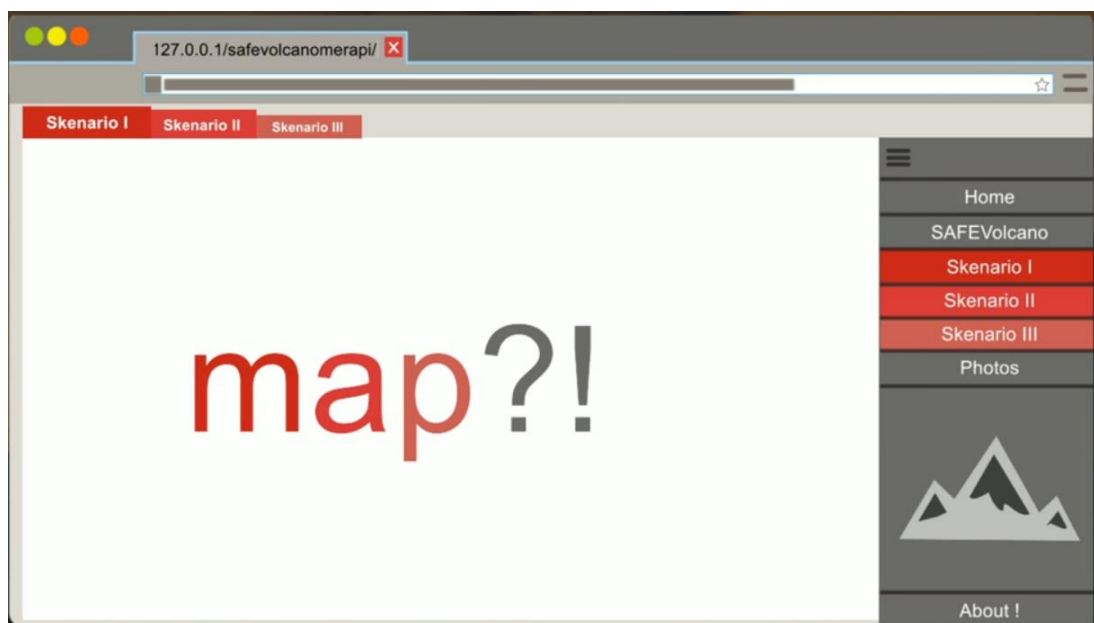
Tabel 1.4 *Parameters for Conventional Isotropic Paths with Average Slopes*

Kemiringan Lereng	Bobot	Analisis Rute Terdekat
0° – 3°	0	Data Transportasi 2014, BIG (<i>vector</i>)
3,0000001° – 6°	1	
6,0000001° – 9°	2	
9,0000001° – 12°	4	
12,0000001° – 16°	8	
16,0000001° – 30°	16	
30,0000001° – 45°	32	
> 45,0000001°	∞	

(Sumber : Yu, et al., 2003)

e. Tahap Implementasi *webGIS* dan Aplikasi *Android*

Tahap ini adalah melakukan *coding web developpe* menggunakan *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript* untuk merangkai dan mengintegrasikan *layer* peta dan beberapa keperluan *web*. Bagian-bagian halaman *web* dapat diuraikan menjadi : halaman peta, legenda, informasi lokasi, perbesaran (*zoom*), tampilan foto, dan tentang (*about*). Kerangka *web* kurang lebih akan seperti gambar 1.13.

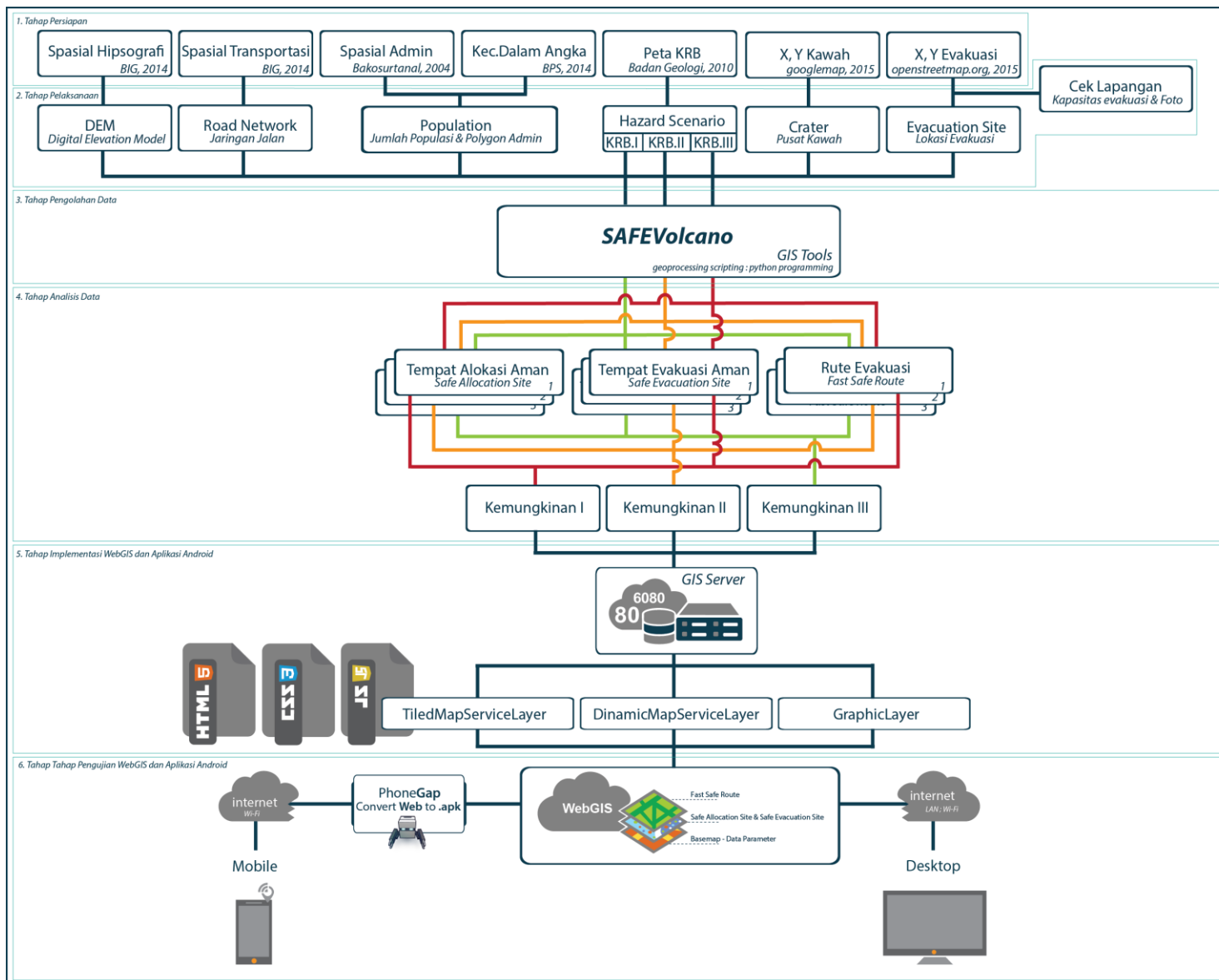


Gambar 1.13 Kerangka Halaman *webGIS*

Untuk tahap implementasi pada aplikasi *android* maka halaman *web* yang dibuat kemudian dikonversi menjadi sebuah file aplikasi *android* yang berekstensi *.apk* dengan rincian alamat menuju ke komputer *server* atau *IP address* komputer *server*. Alamat komputer *server* atau *IP address* ini adalah alamat *web* yang dituju untuk menampilkan *webGIS* yang telah dibuat.

f. Tahap Pengujian WebGIS dan Aplikasi Android

Tahap pengujian *webGIS* dan aplikasi *android* sebagai perangkat *client* dimana, perangkat komputer, perangkat *wireless*, dan perangkat *smartphone android*. Perangkat *mobile* yang digunakan dalam pengujian telah dilengkapi dengan *GPS Location* untuk membantu korban bencana erupsi mengetahui lokasi mereka sekarang (*current location*). Virtualisasi komputer yang memiliki keunikan alamat IP (*IP address*) akan dipancarkan melalui sinyal dari perangkat *wireless* akan diterima perangkat *mobile android*. Akses dari sinyal perangkat *wireless* merupakan virtualisasi dimana ilustrasi utama yakni akses internet sebenarnya.



Gambar 1.14 Diagram Alir Proses Pengolahan Data Sampai Visualisasi WebGIS dan Aplikasi Android

1.8. Batasan Operasional

- **Data spasial** adalah data yang terkait dengan letak, jarak, luas, dan waktu yang kenampakannya berupa titik (*point*), garis (*line*), luasan (*area*), dan permukaan bumi (*surface*) (Prahasta, 2015).
- **Erupsi gunungapi** adalah proses keluarnya magma dan atau gas dari dalam bumi ke permukaan berupa letusan (eksplosi) yang menghasilkan bahan lepas berbagai ukuran atau leleran (efusiva) yang menghasilkan lava/leleran batu pijar (Permendagri No. 33 Tahun 2006).
- **Mitigasi** adalah suatu upaya memperkecil jatuhnya korban manusia dan atau kerugian harta benda sebagai akibat bencana (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000)
- **Bencana** adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, manusia dan atau oleh keduanya yang mengakibatkan jatuhnya korban, penderitaan manusia, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, kerusakan sarana prasarana dan fasilitas umum serta menimbulkan gangguan terhadap tata kehidupan dan penghidupan masyarakat (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000)
- **Gunungapi** atau sering disebut gunung berapi adalah bukit atau gunung yang mempunyai lubang kepundan tempat keluarnya magma dan atau gas ke permukaan bumi (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Bencana gunungapi** adalah salah satu bencana alam akibat erupsi gunungapi (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Erupsi gunungapi** adalah proses keluarnya magma dan atau gas dari dalam bumi ke permukaan berupa letusan (eksplosi) yang menghasilkan bahan lepas berbagai ukuran atau leleran (efusiva) yang menghasilkan lava/leleran batu pijar (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Mitigasi bencana gunungapi** adalah suatu upaya memperkecil jumlah korban jiwa dan kerugian harta benda akibat erupsi gunungapi (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Lava** merupakan magma yang keluar dari dalam ke permukaan bumi, biasanya membentuk aliran dengan kecepatan aliran rata-rata 5 sampai dengan 10 meter per

hari, bersuhu tinggi (600° sampai dengan 1000°C) sehingga daerah yang terlanda aliran lava akan terbakar dan tertimbun secara permanen (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).

- **Awan panas** merupakan aliran massa panas (300° sampai dengan 600°C) berupa campuran gas dan material gunungapi bersifat lepas dari berbagai ukuran, bergumpal..gumpal terlihat seperti awan bergerak menuruni lereng gunung api dengan kecepatan 70 sampai dengan 150 km per jam sehingga dapat mematikan, membakar, dan merusak kehidupan dan lingkungan di sekitarnya (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Longsor gunungapi** merupakan endapan yang terbentuk dari sebagian tubuh gunungapi yang longsor sebagai akibat letusan gunungapi (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Guguran batu pijar** merupakan pecahan batuan gunungapi yang panas membara atau pijar, yang terbentuk seketika sebagai akibat runtuhnya kubah lava atau ujung aliran lava yang dapat mematikan, membakar, merusak kehidupan dan lingkungan di sekitarnya (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Lontaran batu** merupakan lontaran sebagian magma ke permukaan bumi baik berupa bom gunung api dan atau bongkah batuan gunungapi yang terbentuk pada saat letusan gunungapi yang dapat menyebabkan kematian dan kebakaran (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Hujan abu** merupakan hujan material jatuhan piroklastika lepas berukuran halus sampai kasar yang dapat mengakibatkan robohnya atap bangunan, rusaknya hutan dan tanaman pertanian, menyebabkan sakit mata dan saluran pernafasan, dan dapat pula meningkatkan sifat keasaman air apabila hujan abu masuk kedalam sumber air(Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Hujan lumpur** merupakan hujan material jatuhan piroklastika yang terjadi apabila abu gunungapi hasil letusan gunungapi berdanau kawah bercampur air di udara kemudian jatuh bersama-sama sebagai hujan lumpur yang dapat merusak sarana prasarana karena bobotnya yang cukup berat (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).

- **Lahar letusan** merupakan lahar yang terbentuk sebagai akibat letusan pada gunungapi berdanau kawah yang dapat melanda daerah pemukiman atau pertanian di sepanjang lembah aliran sungai yang dilaluinya (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Gas racun** atau **mofet** merupakan gas gunungapi beracun yang dikeluarkan berupa hembusan gas berkonsentrasi tinggi yang terutama menempati celah, lembah atau cekungan pada saat cuaca mendung, berkabut, hujan serta tidak ada angin, dan umumnya tidak berwarna, tidak berbau serta tidak berasa sehingga sulit dikenali dan dapat mematikan (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Tsunami gunungapi** merupakan gelombang pasang air laut atau danau yang terjadi akibat masuknya material hasil erupsi gunungapi ke dalam air laut atau danau sehingga dapat merusak lingkungan yang terlanda (Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1054 K/U/MPE/2000).
- **Mobile GIS** merupakan aplikasi SIG yang memungkinkan petugas lapangan untuk memasukkan, menyimpan, meng-*update*, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan informasi geografis pada *platform* yang *mobile* (Prahasta, 2015).
- **Smartphone** (telepon cerdas) sendiri adalah telepon genggam yang memiliki sistem operasi untuk masyarakat luas, dimana pengguna dapat dengan bebas menambahkan aplikasi, menambah fungsi-fungsi atau mengubah sesuai keinginan pengguna. Dengan kata lain, telepon cerdas merupakan komputer mini yang mempunyai kapabilitas sebuah telepon (Shiraishi et al, 2010).
- **Cross Platform** atau **Lintas Platform** adalah istilah dalam teknologi informasi mengenai sebuah perangkat lunak (*software*) yang dapat digunakan di beberapa system operasi yang berbeda (*Microsoft Windows, Linux, Mac OS, BSD* dan lain sebagainya) (Anonim^g, 2015).
- **Sistem Informasi Geografis (SIG)** adalah kumpulan terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, meng-*update*, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi (Esri, 1990).

- **ArcGIS Desktop** merupakan kumpulan aplikasi SIG yang berbasis *desktop* dan digunakan untuk mengompilasikan, menuliskan, menganalisis, men-*sharing*, memetakan, dan memuplikasikan informasi spasial (Prahasta, 2015).
- **Server GIS atau GIS server** adalah kumpulan aplikasi yang berfungsi sebagai server SIG di lingkungan *ArcGIS* (Prahasta, 2015).
- **WebGIS** adalah aplikasi *GIS* atau pemetaan digital yang memanfaatkan jaringan internet sebagai media komunikasi yang berfungsi mendistribusikan, mempublikasikan, mengintegrasikan, mengkomunikasikan dan menyediakan informasi dalam bentuk teks, peta digital, serta menjalankan fungsi-fungsi analisis dan *query* yang terkait dengan *GIS* melalui jaringan internet (Prahasta, 2007).
- **HTML (Hypertext Markup Language)** adalah sebuah Bahasa markah yang digunakan untuk membuat sebuah halaman *web*, menampilkan berbagai informasi di dalam sebuah penjelajah *web* internet dan pemformatan hiperteks sederhana yang ditulis dalam berkas formasi ASCII agar dapat menghasilkan tampilan wujud yang terintegrasi (Anonim^d, 2015).
- **JavaScript (JS)** adalah bahasa pemrograman berbasis *java* yang merupakan *interface* pembantu dalam pemrograman *web* (Anonim^f, 2015).
- **Cascading Style sheets (CSS)** adalah bahasa yang digunakan untuk mendeskripsikan *element HTML* yang ditampilkan dalam sebuah halaman *web* (Pimpler, 2014).
- **Android** merupakan sistem operasi dengan sumber terbuka (*open source*) dan *Google* merilis kode sumber *android* di bawah lisensi *apache* (Kadir, 2013).